УДК 004

***В.В. Грицик*[1,2]**
[1]Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001
[2]Національний університет «Львівська політехніка», Україна
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79000

ОСНОВНІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ, ЯКІ СЬОГОДНІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ОБРАЗІВ

***V.Hrytsyk*[1,2]**
[1]Ternopil Ivan Pului National Technical University, Ukraine
56, Rus'ka Str., Ternopil, 46001
[2]Lviv Polytechnic National University, Ukraine
12, S. Bandery Str., Lviv, 79000

BASIC IMAGE QUALITY ESTIMATES METHODS ARE USED TODAY TO SOLVE THE PROBLEM OF AUTOMATIC IMAGE PROCESSING

У цій роботі порівняно методи оцінки якості зображень. У роботі вибрано основні інформаційні параметри, які використовуються для створення мір оцінки якості зображень.

Ключові слова: сучасні методи опрацювання оцінки зображень.

The basic methods of evaluating image quality are showed. Basic parameters are established measures for evaluating the quality of images.

Keywords: modern methods of image quality evaluation.

Вступ

Інтеграція систем штучного інтелекту практично в усі галузі вимагає створення і вдосконалення систем об'єктивної оцінки і самооцінки. Особливо це стосується автоматизованих систем розпізнавання та класифікації [4-9].

Введемо для цього визначення.

Якість інформації (*Information/Data quality*) – сукупність властивостей, що відображають ступінь придатності конкретної інформації або даних про об'єкти і їхній взаємозв'язок для досягнення цілей, що стоять перед користувачем.

Співвідношення сигнал/шум говорить про якість вихідного відеосигналу камери спостереження. Співвідношення сигнал/шум (ССШ або ВСШ, англ. SNR або S/N, Signal-to-noise ratio) – міра, що застосовується в науці та інженерії для визначення того, наскільки сильно сигнал спотворений шумом. Визначається як відношення потужності корисного сигналу до потужності шуму. Тобто, співвідношення сигнал/шум визначається як відношення потужності сигналу (значимої інформації) до потужності фонового шуму (небажаного сигналу).

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}},$$

де P – середня потужність. Сигнал і шум, обидва, повинні бути виміряні у тій же, або еквівалентній, точці в системі, в межах однієї і тієї ж смуги пропускання системи.

SNR, також, може бути обчислений як квадрат відношення амплітуд:

$$\mathrm{SNR} = \frac{P_{\mathrm{signal}}}{P_{\mathrm{noise}}} = \left(\frac{A_{\mathrm{signal}}}{A_{\mathrm{noise}}}\right)^2,$$

де A — середньоквадратичне значення амплітуди (англ. RMS – root mean square).

В обробці зображень SNR, зазвичай, розраховується як відношення середнього значення пікселя до стандартного відхилення значень сусідніх пікселів.

Якщо характеристики шуму є відомими і відрізняються від сигналу, тоді цей шум можливо відфільтрувати або обробити сигнал. Якщо сигнал є постійним або періодичним, а шум випадковим, можливо збільшити SNR, провівши усереднення вимірювання.

Метою роботи є об'єднання (узагальнення) досліджень [1,2] методів оцінки зображення для підбору оптимального критерію оцінки зображення для автоматизованих систем візуального розпізнавання.

Теоретична частина

При створенні систем автоматичного розпізнавання, відповідної класифікації чи ідентифікації ми не можемо покладатися на певні суб'єктивні оцінки якості зображення, необхідно здійснити об'єктивну оцінку. Нехай інтенсивність зображення $f(x,y)$ представлена на рецепторному полі $m \times n$ у вигляді пікселів. Розглянемо функцію $f_0(x,y)$, що представляє цифрове зображення цього образу у вигляді перетворення чи передачі образу. Нижче наведено огляд підходів до оцінки якості зображення.

Розглянемо кілька методів об'єктивних оцінок міри якості обробки зображення у перетвореннях апроксимації та передачі даних зображення [1,2]:

1. Середнє значення перетворення зображення:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) - f_0(x,y)\right]}{m \cdot n}$$

2. Структурний підхід:

$$\mu_2 = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y)\right]^2}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f_0(x,y)\right]^2}$$

3. Взаємна кореляція, нормалізована крос-кореляція (normalized cross-correlation):

$$\mu_3 = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) \cdot f_0(x,y)\right]}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y)\right]^2}$$

4. Якість кореляції (correlation quality):

$$\mu_4 = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y)\cdot f_0(x,y)\right]}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y)\right]}$$

5. Максимальне значення (maximum difference) піковою помилкою (peak absolute error(PAC)):

$$\mu_5 = Max\{\left|f(x,y) - f_0(x,y)\right|\}$$

6. Правильне зображення (image fidelity):

$$\mu_6 = 1 - \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) - f_0(x,y)\right]^2}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y)\right]^2}$$

7. Лапласійна середня квадратна помилка (Laplacian mean square error):

$$\mu_7 = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[O\{f(x,y)\} - O\{f_0(x,y)\right]^2}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[O\{f(x,y)\}\right]^2}$$

де $O\{f(x,y)\} = f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - Ч(f(x,y))$

8. Середньоквадратична помилка (mean square error):

$$\mu_8 = \frac{1}{m\cdot n}\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) - f_0(x,y)\right]^2$$

9. Середньоквадратична пікова помилка (peak mean square error):

$$\mu_9 = \frac{1}{m\cdot n}\frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) - f_0(x,y)\right]^2}{\left[\max\{f(x,y)\}\right]^2}$$

10. Звичайна, пряма (безумовна), нормалізована абсолютна помилка (normalized absolute error):

$$\mu_{10} = \frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left|f(x,y) - f_0(x,y)\right|}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left|f(x,y)\right|}$$

11. Середньоквадратична нормалізована помилка (normalized mean square error):

$$\mu_{11} = \sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left[f(x,y) - f_0(x,y)\right]^2$$

12. Норма L_p (Norma L_p):

$$\mu_{12} = L_p = \{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}\left| f(x,y) - f_0(x,y)\right|^p\}^{1/p}, \; p = 1,2,3,...$$

13. Зважена віддаль (weighted distance):

$$\mu_{13} = d_{x,b} = (\sum_{i=1}^{n} w_i (x_i - b_i)^2)^{1/2},$$

де x_i - це значення і-го замірювання для конкретних даних (значення 1-ї картинки);

b_i - відповідне значення еталону (значення 2-ї картинки);

w_i - значення ваги, що додається до і-го виміру при дотриманні умов:

$$0 < w_i < k \text{ та } \sum_{i=1}^{n} k$$

14. Відношення сигнал/завада (signal to noise ratio):

$$\mu_{14} = 10\log_{10}\left(\frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}[f(x,y)]^2}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}[f(x,y) - f_0(x,y)]^2}\right)$$

15. Пікове відношення сигнал/завада (peak signal to noise ratio)

$$\mu_{15} = 10\log_{10}\frac{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}[\max\{f(x,y)\}]^2}{\sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{n}[f(x,y) - f_0(x,y)]^2}$$

Примітка: коли пікселі мають розрядність 8 біт, *MAX*$_i$*=255* [3].

16. Індекс структурної схожості (SSIM – structure similarity).

Міра схожості обчислюється між двома вікнами розміром $N \times N$ за наступною формулою:

$$\mathrm{SSIM}(x,y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)},$$

де, $\mu(x)$ – середнє значення для першої картинки;

$\mu(y)$ – середнє значення для другої;

$\sigma(x)$ – середньоквадратичне відхилення для першої картинки;

$\sigma(y)$ – середньоквадратичне відхилення для другої картинки;

$\sigma(x,y) = \mu(x,y) - \mu(x) * \mu(y)$] – коваріація;

$c_1 = (k_1 L)^2 \; c_2 = (k_2 L)^2$

κ_1 =0,01 і κ_2 =0,03 – константи, L – динамічний діапазон пікселів (зазвичай $2^{(\text{біт на піксель})}$-1).

Особливістю є те, що результат завжди лежить у проміжку від *-1* до *1*, причому при його значенні, рівному *1*, означає, що ми маємо дві однакові картинки.

Алгоритм SSIM вимірює яскравість $l(x, y)$, контраст $c(x, y)$, структуру $s(x, y)$ тестового *y* зображення відповідно до еталонного зображення *x*, використовуючи наступні вирази.

Важливим фактором є незалежність усіх трьох компонентів, наприклад, зміна яскравості і/або контрасту не впливає на структуру зображення.

Висновок

У роботі досліджено основні методи для оцінки якості відео.

Застосування автоматизованої оцінки образу, що надходить на аналіз у систему розпізнавання та ідентифікації, дозволить реалізувати гнучкий підхід до підбору коефіцієнтів (чинників впливу) при виборі похибки і допусків в алгоритмі розпізнавання. Це зробить комп’ютерний зір більш адаптивним до зовнішнього впливу.

Особливо важливою ця оцінка є для проблеми розпізнавання [4-7] та класифікації [10], оскільки, залежно від розпізнаного системою контуру об’єкту – робот отримує різні образи на класифікаторі або системі верифікації. Інші застосування [11-17].

Література

1. Грицик В.В, Грицик В.В. Основні оцінки якості зображення при розв’язуванні задач автоматичного опрацювання образів // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 805 : Інформаційні системи та мережі. – с. 106–113.
2. Грицик В.В, Грицик В.В. Основні оцінки якості зображення при розв’язуванні задач автоматичного опрацювання образів // НУ «ЛП». – 2014. – №783: Інформаційні системи та мережі. – с. 82-92.
3. Грицик В.В. Розпізнавання текстово-символьної графічної інформації на зображеннях за допомогою нейронної мережі комп’ютерного зору / Грицик В.В., Влах М.А., Пелих Н.І., Влах В.А. – Львів, 2008. – 43 с. – (Препр. / ДНДІІІ ; № 11).
4. Complex software systems – heal thyself. Research*eu results supplement/ №25/ - June, 2010. – P.28.
5. Find a digital partner to trust. - Reasearch*eu results supplement/ №25/ - June, 2010. – P.34.
6. Seeing understands – using artificial intelligence to analyse multimedia content. - Research*eu results supplement/ №25/ - June, 2010. – P.36.
7. Software: running commentary for smarter surveillance? - Reasearch*eu results supplement. – №24. – May, 2010. – P.29.
8. Грицик В., Грондзаль А. Модель аудіо-візуального сприйняття// МК – ISDMCI'2015. - Conference Proceedings. - Kherson: KNTU, 2015. – 51-53 p.
9. Hrytsyk V., Grondzal A., Bilenkyj A. Augmented reality for people with disabilities // Proceedings of the International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT’2015.
10. Грицик В., Крівцов С. Дослідження когнітивних властивостей штучних нейронних мереж // НАНУ. Ін-т проблем моделювання в енергетиці. – Моделювання та інформаційні технології. – Вип. № 72. – 2014. – с. 124-195.
11. Цмоць І.Г., Грицик В.В., Бондарук А.Б., Грицик В.В., Кравець І.І., Опотяк Ю.В. Інформаційна технологія програмно-керованих растрів введення зображень у системах комп’ютерного зору // Доповіді НАН України. - №5, 2014. – с. 34-38.
12. Грицик В.В., Грицик В.В. Високоефективні класи алгоритмів та високопродуктивних систем, що реалізують синхронні інтерактивні мережі систолічними матрицями опрацювання даних // Доповіді НАН України. – 2015. – №12. – с. 19-24.
13. Пастух О.А., Грицик В.В., Грицик В.В. Порівняльне оцінювання розроблених комп’ютерних технологій для сучасних систем комп’ютерного зору // Вісник ТНТУ ім. І .Пулюя. 2014. – №2(74). – С. 179-192.
14. Малиновський О.Б., Ржеуський А.В., Веретеннікова Н.В., Кунанець Н.Е. Мультимедійні ресурси в інформаційному обслуговуванні користувачів бібліотек // Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія. – 2015. – Вип.4. – с. 35-44.
15. Нич Л.Я., Шаховська Н.Б., Камінський Р.М. Оцінювання ефективності інформаційного пошуку в системах консолідованої інформації // Радіоелектроніка, інформатика, управління // ЗНТУ. – №2. – 2016. – с. 103-109.

16. Tsmots I., Skorokhoda O. Hardware implementation of the real time neural-network components // Proceedings of 7th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2011. – P.124-126.
17. A life like vision for computers. – Research*eu results magazine. - №56. – October 2016. – P.35.

Literatura

1. Hrytsyk V.V, Hrytsyk V.V. Osnovni otsinky yakosti zobrazhennya pry rozv"yazuvanni zadach avtomatychnoho opratsyuvannya obraziv // Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika». – 2014. – # 805 : Informatsiyni systemy ta merezhi. – s. 106–113.
2. Hrytsyk V.V, Hrytsyk V.V. Osnovni otsinky yakosti zobrazhennya pry rozv"yazuvanni zadach avtomatychnoho opratsyuvannya obraziv // NU «LP». – 2014. – #783: Informatsiyni systemy ta merezhi. – s. 82-92.
3. Hrytsyk V.V. Rozpiznavannya tekstovo-symvol'noyi hrafichnoyi informatsiyi na zobrazhennyakh za dopomohoyu neyronnoyi merezhi komp"yuternoho zoru / Hrytsyk V.V., Vlakh M.A., Pelykh N.I., Vlakh V.A. – L'viv, 2008. – 43 s. – (Prepr. / DNDIII ; # 11).
4. Complex software systems – heal thyself. Research*eu results supplement/ №25/ - June, 2010. – P.28.
5. Find a digital partner to trust. - Reasearch*eu results supplement/ №25/ - June, 2010. – P.34.
6. Seeing understands – using artificial intelligence to analyse multimedia content. - Research*eu results supplement/№25/ - June, 2010. – P.36.
7. Software: running commentary for smarter surveillance? - Reasearch*eu results supplement. – №24. – May, 2010. – P.29.
8. Hrytsyk V., Hrondzal' A. Model' audio-vizual'noho spryynyattya // MK – ISDMCI'2015. - Conference Proceedings. - Kherson: KNTU, 2015. – 51-53 p.
9. Hrytsyk V., Grondzal A., Bilenkyj A. Augmented reality for people with disabilities // Proceedings of the International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT'2015.
10. Hrytsyk V., Krivtsov S. Doslidzhennya kohnityvnykh vlastyvostey shtuchnykh neyronnykh merezh // NANU. In-t problem modelyuvannya v enerhetytsi. – Modelyuvannya ta informatsiyni tekhnolohiyi. – Vyp. # 72. – 2014. – s. 124-195.
11. Tsmots' I.H., Hrytsyk V.V., Bondaruk A.B., Hrytsyk V.V., Kravets' I.I., Opotyak Yu.V. Informatsiyna tekhnolohiya prohramno-kerovanykh rastriv vvedennya zobrazhen' u systemakh komp"yuternoho zoru // Dopovidi NAN Ukrayiny. - #5, 2014. – s. 34-38.
12. Hrytsyk V.V., Hrytsyk V.V. Vysokoefektyvni klasy alhorytmiv ta vysokoproduktyvnykh system, shcho realizuyut' synkhronni interaktyvni merezhi systolichnymy matrytsyamy opratsyuvannya danykh // Dopovidi NAN Ukrayiny. – 2015. – #12. – s. 19-24.
13. Pastukh O.A., Hrytsyk V.V., Hrytsyk V.V. Porivnyal'ne otsinyuvannya rozroblenykh komp"yuternykh tekhnolohiy dlya suchasnykh system komp"yuternoho zoru // Visnyk TNTU im. I .Pulyuya. 2014. – #2(74). – s. 179-192.
14. Malynovs'kyy O.B., Rzheus'kyy A.V., Veretennikova N.V., Kunanets' N.E. Mul'tymediyni resursy v informatsiynomu obsluhovuvanni korystuvachiv bibliotek // Bibliotekoznavstvo. Dokumentoznavstvo. Informolohiya. – 2015. – Vyp.4. – s. 35-44.
15. Nych L.Ya., Shakhovs'ka N.B., Kamins'kyy R.M. Otsinyuvannya efektyvnosti informatsiynoho poshuku v systemakh konsolidovanoyi informatsiyi // Radioelektronika, informatyka, upravlinnya // ZNTU. – #2. – 2016. – s. 103-109.
16. Tsmots I., Skorokhoda O. Hardware implementation of the real time neural-network components // Proceedings of 7th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2011. – P.124-126.
17. A life like vision for computers. – Research*eu results magazine. - №56. – October 2016. – P.35.

RESUME

V.V. Hrytsyk

Basic image quality estimates methods are used today to solve the problem of automatic image processing

Our society needs to systems for objective assessment and self-evaluation were integrated into practically all industries requiring the creation and improvement today. This is especially true for automated recognition and classification systems in visual specter. Therefore, the purpose of the work is to unite (synthesize) part of the author's research on the methods of estimating of images for the selection of the optimal criterion.

The problem of separating the signal-to-noise ratio is actual, because quality of the video signal of the surveillance camera it is basic for success result of image processing. Signal-to-noise ratio is a measure used in science and engineering to determine how much the signal is distorted by noise. This relationship is determined as the ratio of the power of

the useful signal to the power of noise. That is, the signal / noise ratio is defined as the ratio of the power of the signal (meaningful information) to the power of the background noise (unwanted signal). A particularly difficult problem is the separation of values of the useful signal and the values of interference in case of overlap.

The research was shown in the paper taking into account the current trends of data volume increase, which represent large video data and real-time data processing.

Author studied the next most popular methods for evaluating video quality: estimating the ratio of amplitudes; average image conversion; structural approach; mutual correlation, normalized cross-correlation (normalized cross-correlation); correlation quality; maximum difference (peak error) (peak absolute error (PAC)); correct image (image fidelity); Laplacian mean square error; mean square error; peak average square error; normal, direct (unconditional) normalized absolute error (normalized absolute error); weighted distance; signal to noise ratio; peak signal to noise ratio; index of structural similarity (SSIM).

If estimation of the image is automated, the analysis methods in the system of recognition and identification, will allow to implement a flexible approach to the selection of coefficients (factors of influence) during machine choosing the error and tolerances in the recognition algorithm. This will make the computer vision more adaptive to external influences.

Надійшла до редакції 18.10.2016